

Tartu Ülikool  
Ökoloogia ja Maateaduste Instituut  
Geoloogia osakond

Maria Tsyrlnikova

Lahustunud toitainete ja põhikomponentide pikaajaline dünaamika Kasari  
jões - seosed väetiste kasutamise intensiivsusega Eesti põllumajanduses

Bakalaureusetöö keskkonnatehnoloogias

Juhendaja Kalle Kirsimäe

Tartu 2013

## SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	1
1 KASARI JÕE LÜHISELOOMUSTUS .....	3
2 MATERJALID.....	5
3 TULEMUSED JA ARUTELU .....	8
3.1 Pikajalised muutused Kasari jõe vee keemilistes näitajates.....	8
3.2 Vee keemilise koostise pikajaline dünaamika ja seosed väetiste kasutamisega põllumajanduses.....	14
KOKKUVÕTE.....	20
SUMMARY.....	21
KASUTATUD KIRJANDUS .....	22
KASUTATUD INTERNETIALLIKAD.....	23

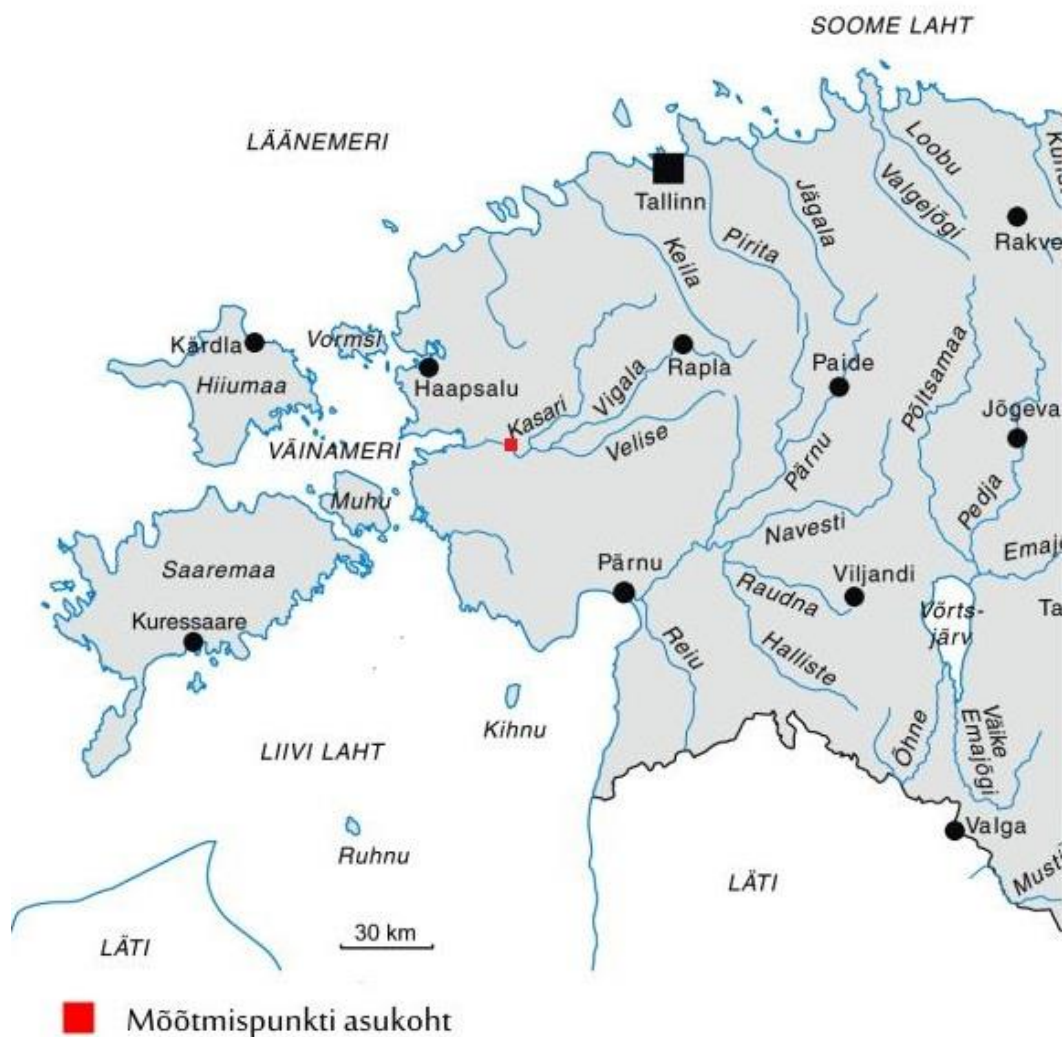
## SISSEJUHATUS

Kasari jõgi on Lääne-Eesti veerohkeim jõgi olles veerikkuselt Eestis neljandal kohal ja valgala suuruselt (3213 km<sup>2</sup>) kolmandal. Kasari suubub Matsalu lahte, mis koos Kasari jõe deltaga moodustab rahvusvahelise tähtsusega looduskaitseala - Matsalu Rahvuspargi - mis on oluliseks peatuspaigaks lindude rändeteel ja unikaalseks elupaigaks plajudele Eestis pesitsevatele lindudule.

Matsalu laht on madal ja tugevasti mõjutatud sinna suubuvate jõgede sissekandest. Juba aastakümneid on olnud mureks lahte suubuvate jõgedega sissekanduvad toitained, mis põhjustavad Kasari delta ja Matsalu lahe eutrofeerumist, mille üheks väljenduseks on peetud Matsalu roostike avalahe suunalist pealetungi, mis 1980ndatel aastatel ulatus paiguti kuni 100 m aastas (Järvekülg et al., 1985; Meriste et al., 2012).

Kasari jõe valgla on tugeva inim mõjuga. Kasari enda voolusängi on eriti tema alamjooksul oluliselt muudetud 1920-1930ndatel aastatel ja kuigi Matsalu alamvesikonna piirides jääb mullaviljakus enamasti alla 35 hindepunkti, siis jääb selle piiresse kõrgema mullaviljakusega põllumaid Rapla maakonnas Rapla, Kehtna ja Raikküla valdades, kus on intensiivse maakasutuse tingimustes olnud võimalik liigsete toitainete hajureostus põllumajandusmaastikest.

Tundliku ja looduskaitsealiselt olulise ökosüsteemi tõttu on Matsalu alamvesikonna jõgede ja Matsalu lahe vee kvaliteet olnud tähelepanu keskmes pikka aega, alates juba ülemöödunud sajandist (Mardiste et al., 1985). Süstemaatiline jõgede veekvaliteedi monitooring Matsalu piirkonna jõgedel algab 1940. aastate lõpus kui hakati koguma ja analüüsima veeproove erinevates mõõtmispunktides. Üks pikemaajalisi aegridasid Kasari jõel on nn Kasari silla mõõtmispunktist, mis paikneb Kasari alamjooksul vahetult enne jõe hargnemist ulatuslikele Matsalu luhtadele ja roostikku.



Joonis 1. Kasari jõgi ja Kasari silla mõõtmispunkti asukoht.

Kasari vesikonna vee kvaliteedi seisundit ja pikajalist muutumist on varem analüüsinud oma diplomitöös Kaarel Kaisel (199..), kes vaatles peamiste biogeenide dünaamikat Matsalu alamvesikonna jõgedel ajavahemikul 1946-1992. Tema töö näitas selgelt kuidas biogeenide sissekanne ja veekvaliteet halvenes 1980ndate aastate keskpaigaks ning hakkas paranemema 1980ndate aastate lõpus/1990ndate aastate alguses.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on, esiteks, selgitada Kasari jõge vee keemiliste näitajate dünaamika peale 1992ndat aastat ning teiseks analüüsida peamiste anioonide (sh fosfaadi ja nitraadi biogeenide) kontsentratsioonide muutusi võrreldes väetise kasutamisintensiivsusega Eesti põllumajanduses viimasel 60-70ndal aastal.

# 1 KASARI JÕE LÜHIISELOOMUSTUS

Kasari jõe ülemjooks asub Põhja-Eesti lavamaal, kesk- ja alamjooks Lääne-Eesti madalikul. Jõesäng on vaid mõnes kohas selgelt välja kujunenud. Ülemjooksul on jõeoru laius 300-500 m, keskjooksul 100-200 m ja alamjooksul 3000-6000 m. Ülemjooksul voolab jõgi valdavalt väheasustatud soises või metsases maastikus. Kesk- ja alamjooksul vahelduvad jõe lähiümbruses põllud, kultuurniidud, sood ja metsad. Suurimad lisajõed on Vigala Liivi ja Tuudi jõgi. Jõe kaldal asuvad suuremad külad on Sipa, Teenuse ja Kirbla.

Jõeoru kallaste kõrgus on ülemjooksul 2-3 m ja keskjooksul 3-4 m. Alamjooksul on kaldad laugjad. Parempoolse kalda kõrgus on enamasti 5-7 m (mõnel pool 30 m) ja vasakpoolse kalda kõrgus 10-15 m. Nii Kasari ülemjooksu kui ka alamjooksu on süvendatud ning vaid ligikaudu 20% jõestikust voolab looduslikus sängis (Mardiste, 1985). Kasari jõgi on võrdlemisi väikese kaldega. Jõe veepinna absoluutne kõrgus on lähtel ~64,5 m, suudmes 0 m ja keskmine lang on ~0,58 m/km. Jõgi on suurtaimestikurohke ning teateid on 23 kalaliigi leidumise kohta, sh. lõhe ja meriforell. Kasari jõe aasta keskmine vooluhulk on 25-28 m<sup>3</sup>/s ning suurvee ajal ulatub kuni ~800 m<sup>3</sup>/s. Kasari üleujutusala on 26-27 km<sup>2</sup>. (Järvekülg, 2001). Vooluhulkadest langeb kevadele ~42%, suvele ja sügisele ~37% ning talvele ~21% aastasest äravoolust (Mardiste, 1985).

Kasari voolab Lääne-Eesti madalikul, mille aluspõhja moodustavad Ordoviitsiumi ja Siluri lubjakivid, merglid ja dolomiidid mida katab valdavalt mõne meetri paksune lubjarikas moreen, millel levivad viirsavid, mille paksus liustiku kulutatud nõgudes võib ulatuda üle 10 m (Meriste, 2005). Kasari jõestik läbib mitmeid soo-rabamassiive milledest suurim on Lihula-Lavassaare soomassiiv (38000 ha).

Geobotaanilise liigestuse alusel kuulub Kasari jõgikond Lääne-Baltikumi geobotaanilisse allprovintsi, Lääne-Eesti niitude ja pusniitude rajooni. On eraldatud kaks mikrorajooni. Esimeses mikrorajoonis, mis hõlmab jõgikonna läänepoolse rannikulähedase ala, on domineerivateks taimekoslusteks aruniidud ja puisniidud, soostunud niidud ja madalsood. Väiksema osatähtsusega on kaasikud, haavikud ja lepikud. Kultuurkõivikud moodustavad 29%. Teises mikrorajoonis, mis paikneb eelmistest idas, on domineerivaks taimekoosluseks aruniidud ja puisniidud. Väiksema osatähtsusega on kuivad rabastunud männikud, soostunud niidud, puisniidud ja madalsood. Suure osakaaluga on kultuurkõivikud (Laasimer, 1970).

## 2 MATERJALID

Kasari jõe varaseimad vaatlusandmed on 1927ndast aastast kui Tartu Ülikooli Mullateaduse ja Agrikultuurkeemia Instituut hakkas analüüsima Eesti jõgede vett (Mardiste, 1985). Kasari vaatluspunkt loodi Kasari maantesilla juurde. Veeproovide võtmist alustati augustist ja kavatseti jätkata pidevalt vähemalt kahe aasta vältel neli korda aastas – kevadel, suvel, sügisel ja talvel. Määrati vees lahustumatud ja lahustunud ained. Lahustunud ainetest määrati  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{Cl}$ . Lisaks sellele mõõdeti vees lahustunud orgaanilise aine hulga (PHT) ning üldlämmastiku sisaldus vees ja lämmastiku äravool (Nõmmik, 1941).

Hüdrometeoroloogia Valitsus hakkas Kasari jõe hüdrokeemiat analüüsima aastal 1946 ning seda andmerida on jätkatud erinevate asutuste poolt tänaseni, välja arvatud aastatel 1968-1975 kui Kasari silla mõõtmispunktis veeprove ei võetud. Tegemist on pikeima ja enam-vähem pideva vaatlusreaga, mille järgi saab hinnata paljude keemiliste komponentide dünaamikat.

Kasari alamvesikonnas on erinevatel aegadel viidud läbi lisaks pidevseirele ka mitmeid lühemaajalisi kompleksuuringuid. Nii on selle piirkonna keskkonnaseisundit ja sh. vee kvaliteeti uurinud Eesti Keskkonnauuringute Kesklabor alates 70ndate aastate algusest, Tallinna Tehnikaülikooli Läänemere Osakond, endine Eesti TA Geoloogia Instituut ja Eesti TA Zooloogia ja Botaanika Instituudi Merebioloogia Laboratoorium 1980ndatel aastatel.

Täna on Kasari alamvesikonna vaatlus/mõõtmispunktid lülitatud mitmetesse siseveekogude seireprogrammidesse nagu näitkes hüdroloogiline seire, jõgede hüdrokeemiline seire ja ohtlikke ainete seire veekogudes.

Antud töö alusandmeteks aastatest 1946-1992 kasutatakse Kaarel Kaiseli 1993. aastal Tartu Ülikooli Geograafia Instituudis kaitstud diplomitöö andmebaasi, mis koondas Kasari alamvesikonna veeanalüüsid.

Andmbaasist valiti nende aastate analüüsid, mis olid mõõdetud Kasari jõe Kasari silla mõõtmispunktis kogutud proovidest. Proovimise sagedus aasta lõikes varieerub ühest kuni neljani. Nelja proovimiskorra puhul võeti need iga aasta kevadel, suvel, sügisel ja talvel. Kuna kõikide aastate kohta sellise lahtusega andmeid ei ole siis selles töös kasutatakse iga aasta näitajate aritmeetilisi keskmiseid.

Kasutatud proove on analüüsitud pikaaja vältel erinevates laborites ja erinevate meetoditega, kuna puuduvad andmed analüüsimeetodite mutumise kohta kogu perioodil, mis seab piirid väikeseskaalaliste ja väikeseamplituudiliste trendide interpreteerimiseks. Siiski on teada nitraatse lämmastiku määramismeetodi vahetus 70ndate aastate alguses sulfofenoolmeetodilt alfa-naftüülamiinmeetodile (Kaisel, 1993).

Kaisel (1993) andmerida täiendati. Veekeskkonna seireprogramme Eestis on läbi viinud Keskkonnaministeerium. Seirearuanded, alates 1994ndast aastast, on kättesaadavad ministeeriumi ja tema valitsemisalas olevate allasutuste kodulehtedelt internetis: Keskkonnaministeerium (keskkonnaseire programm) - (<http://seire.keskkonnainfo.ee>). Praegu jõevee uurimisega tegelevad mitmed asutused. Hüdroloogilisi uuringuid teostatakse Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituudi poolt. Seire käigus kogutakse jõgedel paiknevatest automaatmõõtejaamadest andmeid veekogude veetasemete ja veetemperatuuri kohta. Vaatlusjaamade võrk on suures osas automatiseeritud, mis võimaldab mõõtmisandmete pidevat registreerimist ning tagab nende operatiivse edastamise tarbijatele.



Jõgide hüdrokeemia projektide täitjateks on Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika Instituut ning OÜ Eesti Keskkonnauuringute Keskus. Proovivõttu teostatakse sõltuvalt eesmärgist 6 kuni 12 (24) korda aastas. Jõgede hüdrokeemilise seire I. programmi kohaselt võetakse proove valitud lävenditest üks kord kuus ning määratakse proovides vee temperatuur, pH, hõljuvained, hapnikusisaldus ( $O_2$ ), bioloogiline hapnikutarve (BHT5), permanganaatne oksüdeeritavus (PHT) või keemiline hapnikutarve (KHTMn), erinevate ionide sisaldused ( $NH_4$ ,  $NH_3$ ,  $NO_3$ ,  $NO_2$ ,  $PO_4$ , Cl, HOCl,  $SO_4$ , Si), üldlämmastik (Nüld), üldfosfor (Püld), klorofüll, elektrijuhtivus, värvus, valikuliselt naftaproduktid ja ühe- ning kahealuselised fenoolid, raskmetallide (Cu, Cd, Pb, Hg, Zn) ja orgaanilise süsiniku (TOC) sisaldused. Hüdrokeemilise seire II. programmi kuuluvates proovivõtulävendites teostatakse analüüside kogumist kord ühe või kahe kuu tagant (üksikutel juhtudel kahe nädala tagant) ning lisaks eelpoolloetletud parameetritele määratakse üldkaredus, ionidest  $HCO_3$ , Ca, Mg, üldraud (summaarne  $Fe^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ) ning K ja Na ([seire.keskkonnainfo.ee](http://seire.keskkonnainfo.ee)).

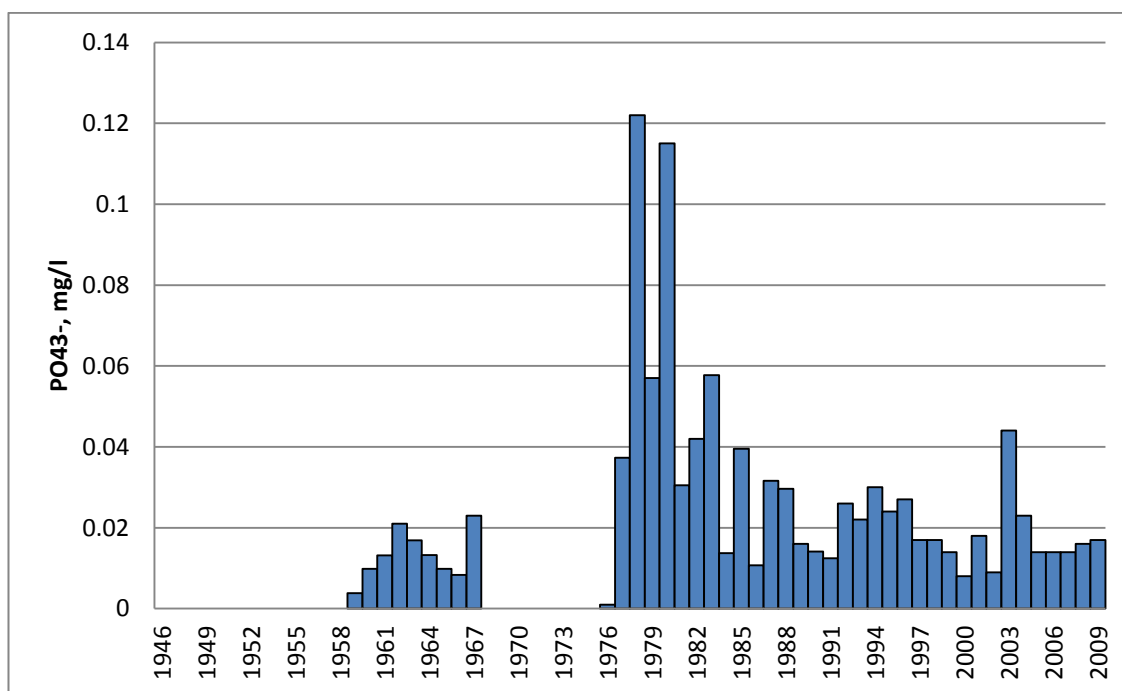
Antud lõputöös käsitletakse järgmiseid keemilisi komponente, mis olid mõõdetud ajavehemikus 1946-2009:  $PO_4$ ,  $NO_3$ ,  $HCO_3$ , Cl,  $SO_4$ , Ca, Mg, Na, K. Kõike komponente ei ole mõõdetud kogu perioodi jooksul, ning andmed on lünklikud. Andmed perioodil 1968-1975 puuduvad, nendel aastatel Kasari silla mõtmisspunktis veeproe ei võetud. Kahjuks puudub informatsioon katioonide ja vesinik-karbonaadi sisaldusest jõe vees viimase kümme aasta kohta, ning andmereal on katkendlikud. Sulfaatide, kloriidide ja nitraatide kontsentratsioonide andmereal on kõige pikemad.

### 3 TULEMUSED JA ARUTELU

#### 3.1 Pikajalised muutused Kasari jõe vee keemilistes näitajates

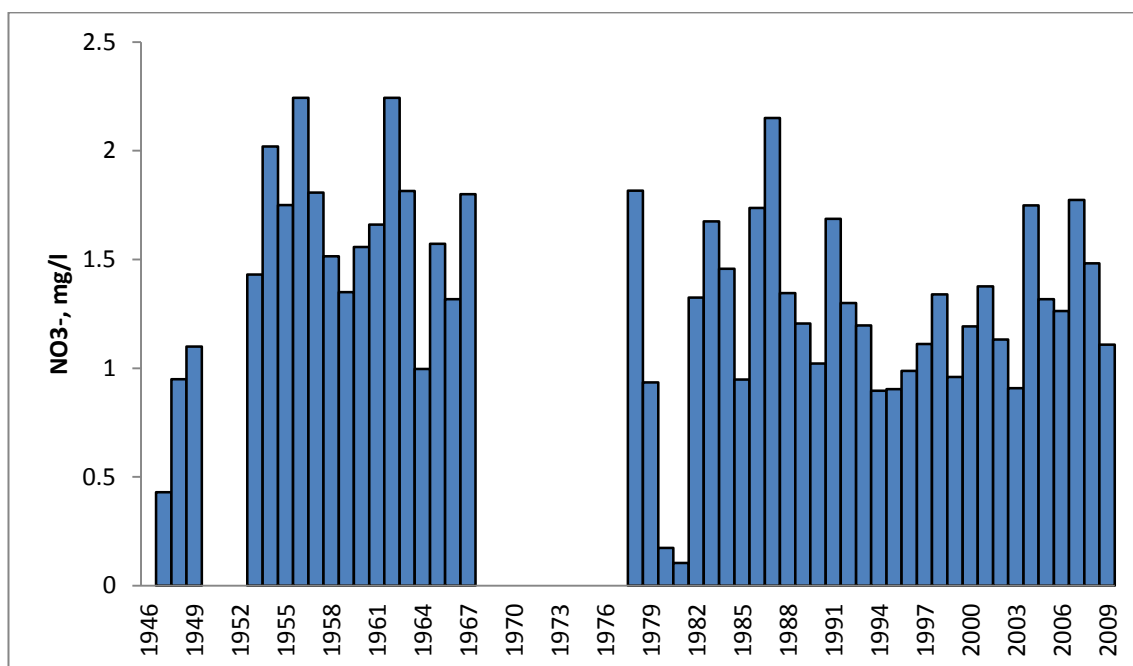
Kaisel (1993) näitas, et reoainete ja biogeenide dünaamika Matsalu lahe piirkonna jõgedes on äärmiselt suure muutlikkusega ja mittelineaarne.

Nii kasvas Kasari jõe vees alates 1959ndast aastast mõõdetud lahustunud **fosfaadi** sisaldus maksimumini 1970ndate aastate lõpus (kõrgeim maksimaalne väärtus 0,122 mg/l) ja 1980ndate aastate alguses (joonis 2). Alates 1980ndate aastate teisest poolest hakkab fosfaadi sisaldus jõevees langema ning kuigi 1990ndate keskel on märgata sisalduste väikest tõusu mille algust täheldas ka Kaisel (1993), siis viimasel kümnel aastal on lahustunud fosfaadi sisaldus püsinud stabiilselt alla 0,02 mg/l piiri.



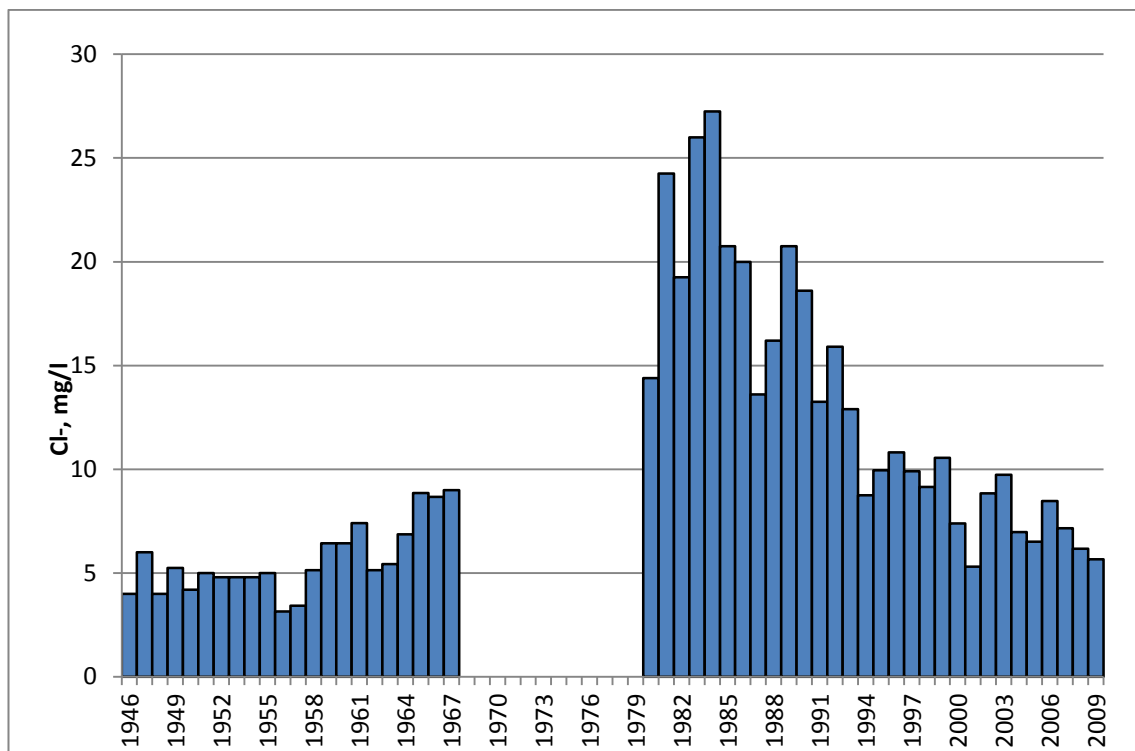
Joonis 2. PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> andmete jaotumine aastatel 1959-2009.

**Nitraatide** sisaldus Kasari vees on kõige pikema aegreaga ja see algab 1947ndast aastast, kuid perioodidel 1950-1952ndal aastal ning nagu kõigil teistel komponentidel siis ka 1968-1977ndast aastast mõõtmisandmed puuduvad (joonis 3). Erinevalt fosfaadist on nitraadi sisaldused vaatlusrea alguses madalad, kasvavad kiiresti maksimumini 1950te aastate lõpus 1960te aastate alguses ning viimaste 50 aasta jooksul stabiliseerunud ligikaudu 1 mg/l juures, näidates mõningast langustrendi.



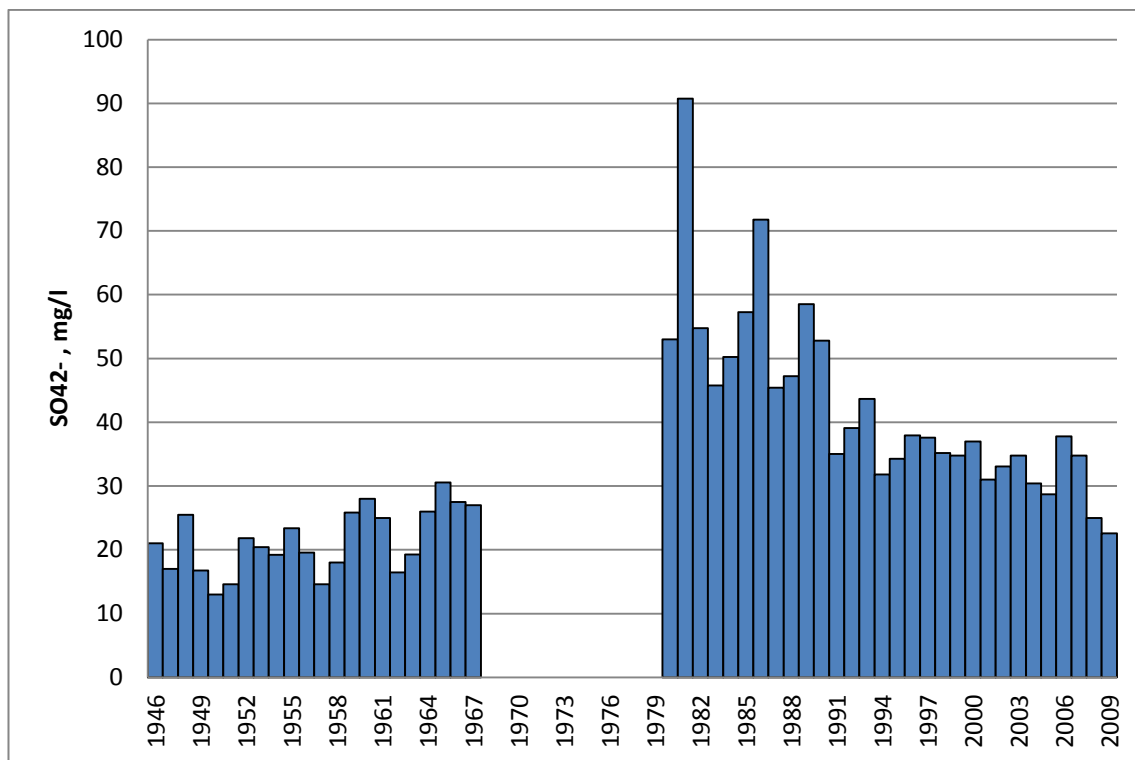
Joonis 3. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> andmete jaotumine 1946-2009.

Seevastu on **kloriidi** sisalduste dünaamika Kasari jõe vees sarnane fosfaadide pikajalisele käitumisele. Kloriidi-iooni kontsentratsioonid on mõõtmisrea alguses 1940te aastate lõpus ligikaudu 5 mg/l ning alates 1950ndate keskpaigast algab järjest kiirenev kloriidi-ioonide sisalduse kasv, mis saavutab 1980ndateks aastateks võrreldes aegreaga algusega 4-5 korda ja võrreldes 1960-ndate keskpaigaga võrreldes rohkem kui kaks korda kõrgemad sisaldused. Maksimumi saavutab Cl<sup>-</sup> ionide keskmine kontsentratsioon Kasari jões 1984ndal aastal kui see ulatus kuni 27,25 mg/l (joonis 4). Alates 1980ndate teisest poolest algab kloriidi kiire langus, mis näib olevat aeglustunud languses kuni tänaseni kuigi keskmine Cl<sup>-</sup> kontsentratsioon on jõudnud juba lähedale 1940ndate aastate tasemele.



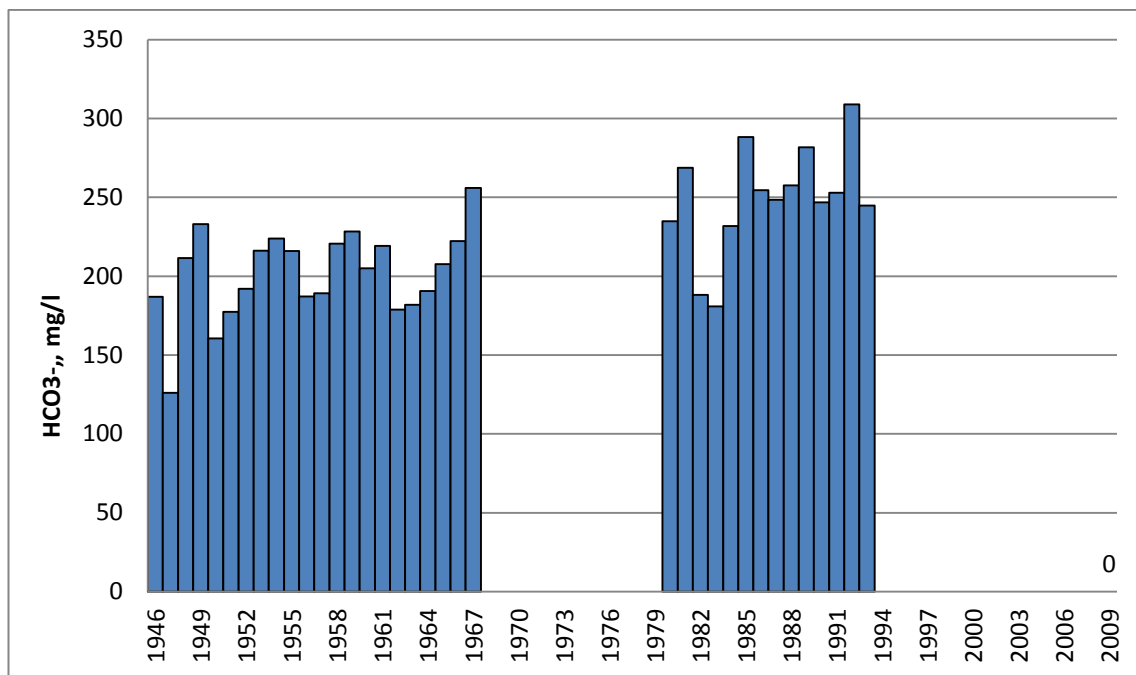
Joonis 4. Cl⁻ andmete jaotumine 1946-2009.

Samasugune trend nagu fosfaadi ja kloriidiga on **sulfaadi** sisalduses mille keskmised sisaldused mõõtmiste alguses on reeglina 15-20 mg/l ja hakkavad kasvama 1950ndate aastate teises pooles. Sulfaadi sisalduste kasv on võrreldes kloriidiga aeglasem ja tõsu tipp on saavutatud mõned aastad varem. Maksimaalne keskmine väärtus ulatub 90,75 mg/l ja oli mõõdetud aastal 1981 (joonis 5). Sarnaselt kloriidile, ja fosfaadile algab 1980ndate teises pooles sisalduste langus, mis on täna veel kõrgme algväärtustes olles keskmisel 20-30 mg/l kuid sarnaselt klooriga jätkuvas langustrendis.



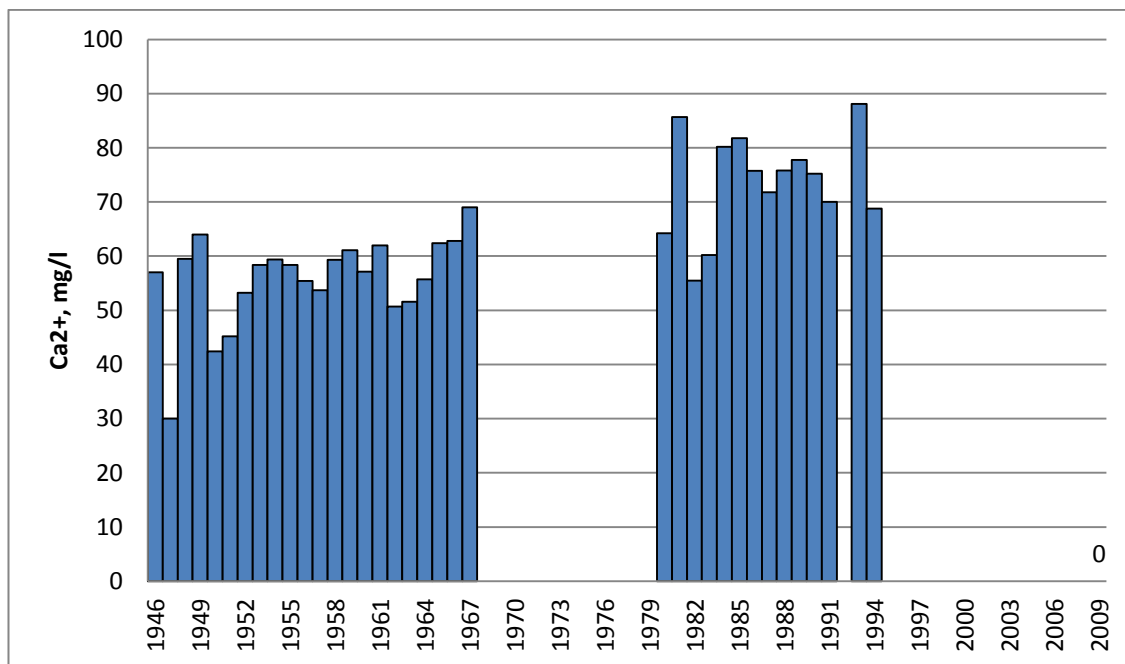
Joonis 5. SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> andmete jaotumine 1946-2009.

Peamiste anioonide käigust erineb **vesinik-karbonaadi** käitumine, mille andmed on katkendlikud ja ei ulatu kaugemale kui 1993 aasta, kuid mis näitab Kasari jões väikest kasvu minimumväärtustelt 120-130 mg/l aastal 1947 kuni 308.9 mg/l 1992ndal aastal (joonis 6). Paraku ei ole vesinikkabonaati mõõdetud viimastel aastakümnetel.

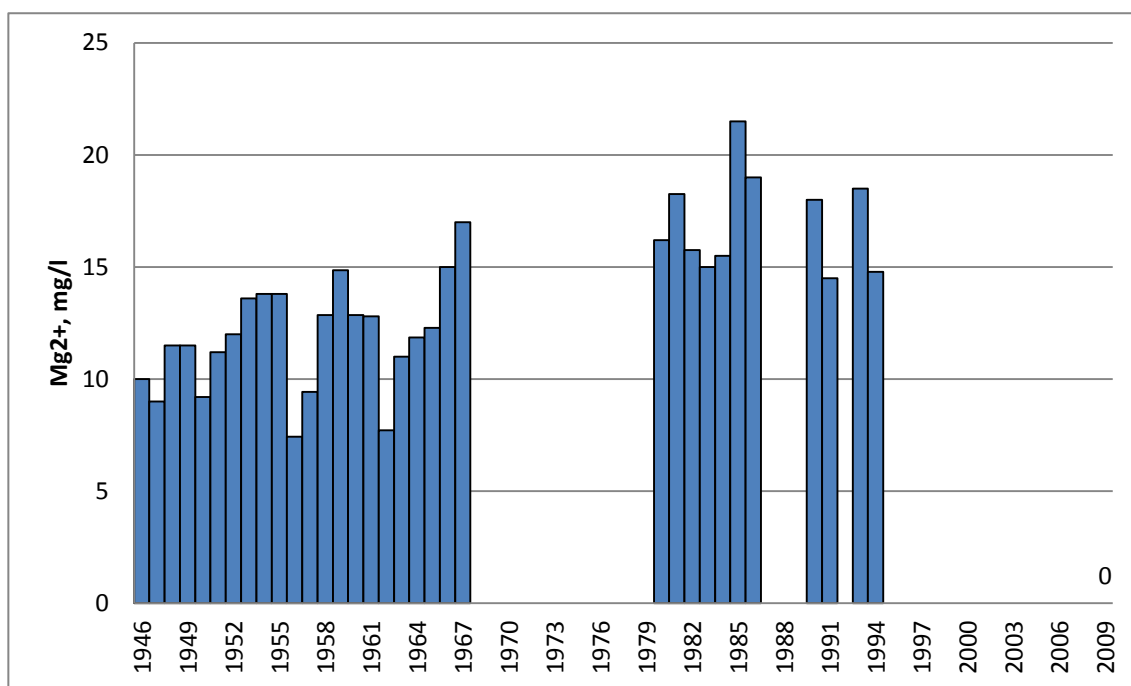


Joonis 6. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> andmete jaotumine 1946-2009.

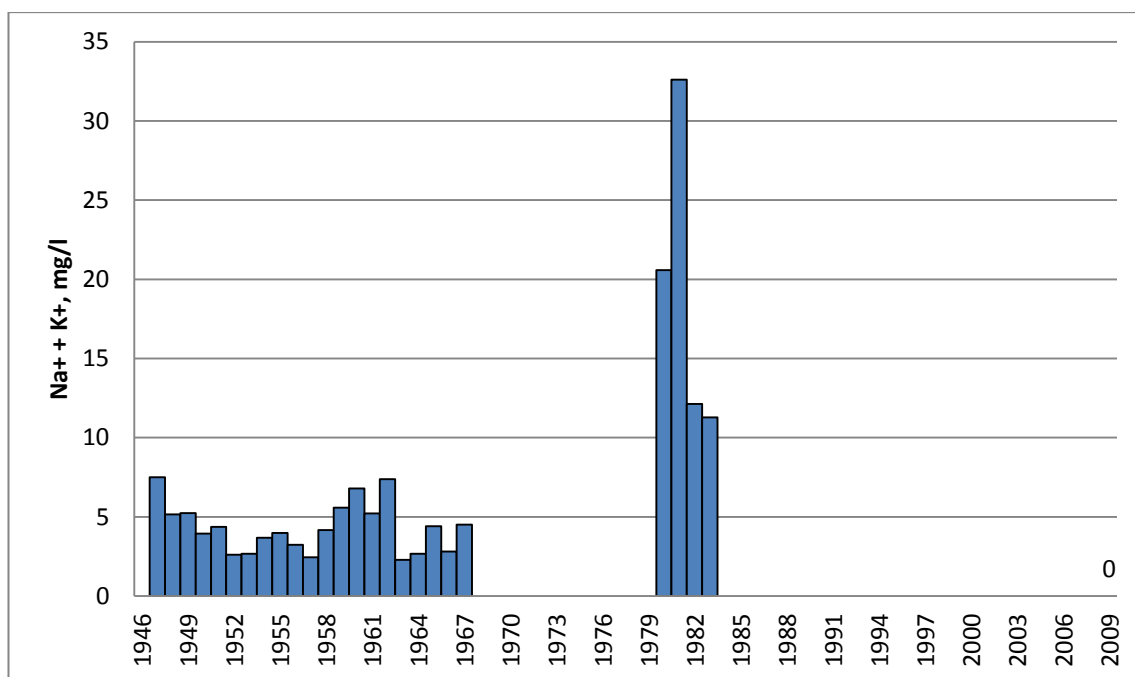
Anioonide sisalduste dünaamikat Kasari jõevee kinnitavad ka peamiste **katioonide** kontsentratsioonide muutmine, mis kahjuks on katkendlike andmeriadega (joonised 7, 8, 9), kuid mis kõik näitavad maksimume 1980ndate aastatetel.



Joonis 7. Ca<sup>2+</sup> andmete jaotumine 1946-2009.



Joonis 8. Mg<sup>2+</sup> andmete jaotumine 1946-2009.



Joonis 9. Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> andmete jaotumine 1946-2009.

### ***3.2 Vee keemilise koostise pikajaline dünaamika ja seosed väetiste kasutamisega põllumajanduses***

Kaisel (1993) järeldeb oma diplomitöös, et muutusi biogeenide sisalduses Matsalu lahe vesikonnas ei saa seletada suureneva-väheneva reostuse või paremate puhastite kasutuselevõtiga ning tegemist on kompleksse probleemiga, mille puhul on oma osa nii reostusel, maade kuivendamisel ja jõgede süvendamisel, põllumajandusel kui ka ilmastikul – vihma- ja kuivperioodide vaheldumisel.

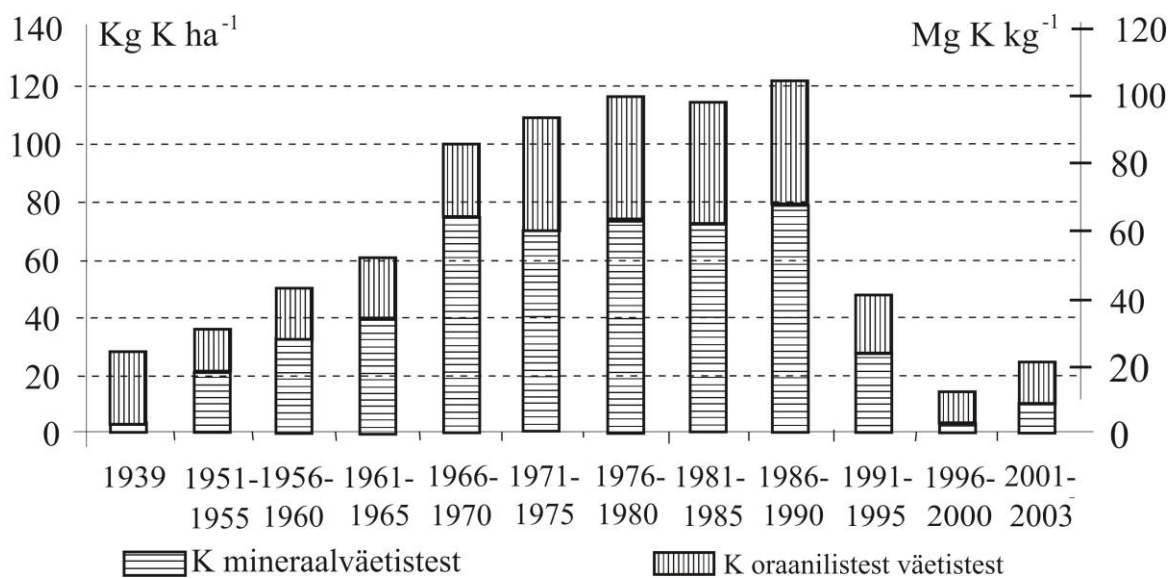
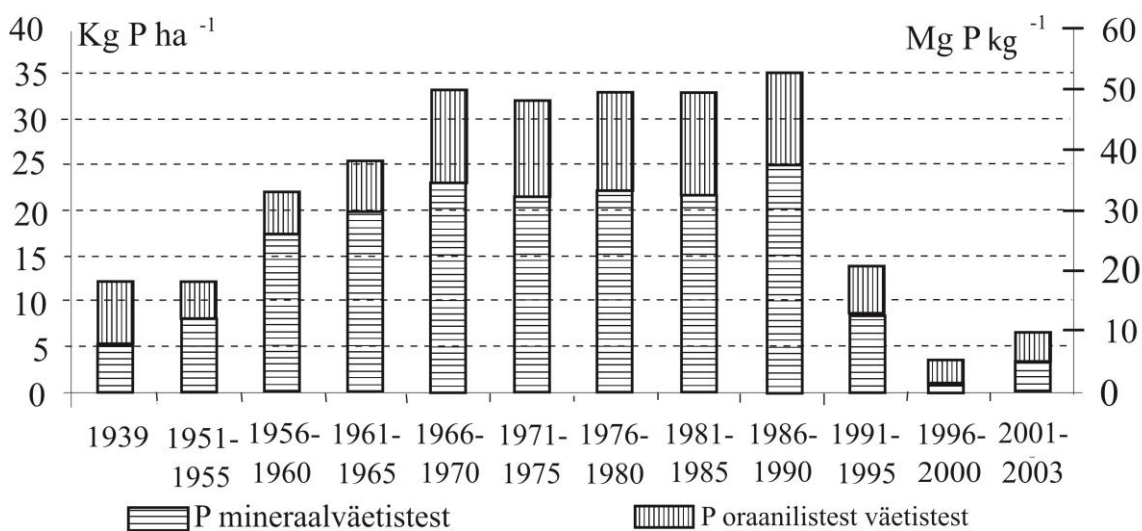
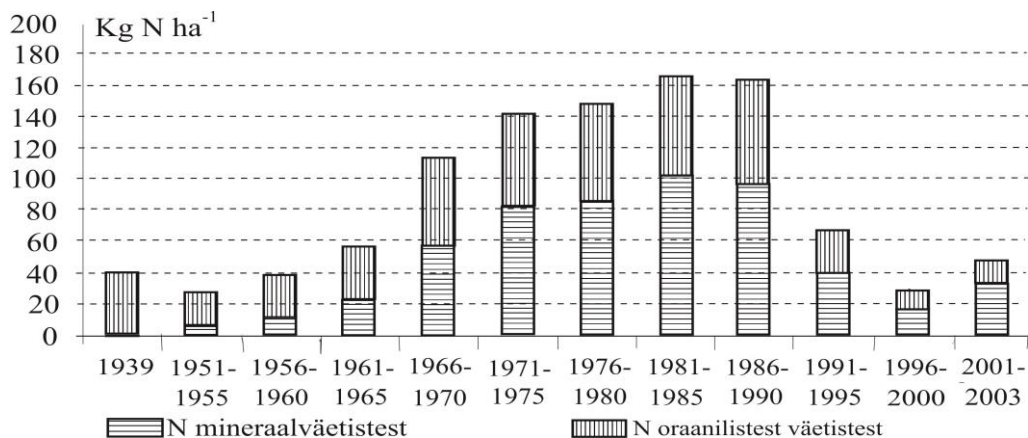
Pinnaveekogude toitainete sisalduse dünaamikas on üldiselt kaks komponenti – punktreostus reeglina asundustest ja hajureostus põllumajandusest ning Kaisel (1993) selgitas näitkes fosfaadi sisalduse tõusutendentsi Matsalu vesikonnas mõõtmisperioodi algusest kuni 70-ndate keskpaigani, stabiliseerumist ning uut tõusu ajavahemikus 1985-1990 kahe komponendi muutuva vahekorraga kusjuures tema täheldatud teise tõusu puhul on vähem tõusnud just kevadine fosfaatide sisaldus, millest ta järeldeb, et on vähenenud ärakande osatähtsus põllumajandusmaadelt, mis on seletatav väetiste kasutuse vähenemisega ja üldse põllumajanduse intensiivsuse kahanemisega ning 80-ndate lõpus toimuva tõusu oletatav põhjus on punktreostuse osatähtsuse suurenemine võrreldes hajareostusega (Kaisel, 1993).

Kasari silla vaatluspunkti andmed niivõrd head ajalist lahutust ei võimalda, kuid seosed põhianioonide sisalduste dünaamikas lubavad oletada, et valdav osa toitainete dünaamikast Kasari jõevees on ilmselt seotud põllumajandusliku tootmise intensiivistumisega 20. sajandi teises pooles ning koos sellega suurenenud hajurestuskoormuse kasvuga väetiste liigsest/ebaotstarbekast kasutamisest.



Eestis oli kuni 19. sajandi keskpaigani peaaegu ainsaks väetiseks sõnnik. Mineraalväetiste kasutamise levik algas 19. sajandi teisel poolel ning mineraalväetiste kasutamine muutus eriti intensiivseks just 20 sajandi keskpaigas. Astover et al. (2006) on analüüsinud toitainete bilanssi aastatel 1939-2003, mis näitab, et mineraal- ja orgaaniliste väetiste kasutamine Eestis hakkas oluliselt suurenema 1960ndatel aastatel ja saavutas kõrgeima taseme 1980ndatel aastatel. Seejuures ei taganud väetiste suurem kasutamine proportsionaalset saagikuse tõusu ning märkmisväärne osa toitainetest jäi tarbimata. Mulda viidud taimetoitainete kogused ületasid väetamise tippperioodidel 1970-1980ndatel aastatel taimede poolt kasutatavaid koguseid lämmastiku osas 2–2,3 korda, kaaliumi puhul 1,9–2,2 korda ning fosforit viidi mulda 3–3,5 korda rohkem (Astover et al., 2006).

Märkimisväärsest positiivsest taimetoiteelementide bilansist tulenevalt suurenes sel perioodil muldade laktaatlahustuva fosfori- ja kaaliumisisaldus. Lämmastikväetistega oli 1976. aastaks põhiliste põllukultuuride väetamisel saavutatud optimaalne tase või see isegi ületatud (Astover et al., 2006). Kui nendel andmetel mineraalväetiste kasutamises aastatel 1976-1981 olulist suurenemist ei toimunud siis perioodil 1982-1987 kasutati mineraalväetisi jälle rikkalikumalt ning NPK kasutamine suurenes umbes 20%. Alates 1988ndast aastast on mineraalväetiste nende järsu hinnatõusu ja majandite finantsolukorra halvenemise tõttu kiiresti vähenenud ning näitkes kui 1980ndatel küündis mineraalse lämmastiku kasutamine ca 100 kg/ha, siis 1996–2000 oli see alla 30 kg/ha (Astover et al., 2006).



Joonis 10. Mineraal- ja orgaanilistest väetistest saadud lämmastiku, fosfori ja kaaliumi bilanss Eestis, 1939 – 2003 aastatel (Astover et al., 2006 järgi).

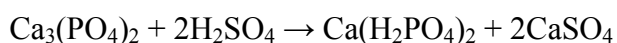
Tavaliselt antakse toitained mulda mineraalväetistega, mis sisaldavad lämmastikku, fosforit ja kaaliumi hästi lahustuval, taimedele kergesti kättesaadaval kujul kuid sageli ei suuda kultuurtaimed mulda antud mineraalväetisi ära tarbida ning need kanduvad mullast välja loodusesse põhjustades eutrofeerumist. Vooluvettesse sattunud toitained omastatakse kiiresti veetaimede biomassi kasvatamiseks. Sams jäävad vette alles toitainete/väetistega kaasnenud komponendid, mis viitavad spetsiifiliselt väetise mõjule nagu Cl ja SO<sub>4</sub> mida toimed ei omasta.

Hea kooskõla Kasari vee fosfaadisisalduste dünaamika ja Cl ning sulfaadiga viitab arvatavasti just märkimisväärsele toainete sissekandele põllumajandusmaastikest. Põllumajanduses kasutatavad lämmastikväetised jaotatakse nitraat-, ammonium-, ammoniumnitraat- ja amiidväetisteks. Nitraatväetistes esineb lämmastik nitraatidena, mis on hästi lahustuvad ja mida mulla neelav kompleks ei seo ning mis on seetõttu meie kliimas kergesti väljapestav. Seevastu ammoniumväetistes esineb lämmastik ammoniumvormis või ammoniagina. Muld seob ammoniumiioone küllaltki hästi ja nad on mullast raskesti väljapestavad. Ammoniumnitraatväetistes esineb lämmastik üheaegselt nii ammonium- kui nitraatvormis. Amiidväetistes on lämmastik amiidina. Mullas läheb amiid üle ammoniaagiks ja nitrifitseerudes nitraatideks.

Kui analüüsida nitraadi dünaamikat Kasari vooluvees, siis on ilmne, et nitraadi sisaldused kasvavad kiiresti 1950ndatel aastatel maksimumini ning on ülejäänud aja jooksul stabiliseerunud tasemel või nõrgas langustrendis. See võiks olla selgitatav kas lämmastikväetiste koostise muutumisega ammonium nitaadi kasuks või lämmastikku nii põllumaadel kui ka veetaimedes efektiivsema tarbimistasemega. Seejuures on ammoniunitraadi anorgaaniliste väetiste kasutamine eriti kahjulik, taimed neelavad ammoniumiioonid eeliskorras ning ülejäänud nitraatioonid ei absorbeeru ja neid kantakse ära äravooluga.

Fosfori osas on Kasari silla vaatluspunktis selge koostöla fosfaadi ja nii sulfaadi kui ka kloriidi ionide dünaamikaga, milles esimene on suure tõenäosusega seotud spetsiifiliselt fosforvæetistega. Lahustuvuse alusel jaotatakse fosforvæetised kolme rühma: vees lahustuvad; vees lahustumatud, kuid nõrkades hapetes lahustuvad; vees lahustumatud. Kogu maailmas kasutatakse põhiliselt vees lahustuvaid fosforvæetisi. Hästi lahustuvate fosforvæetiste (superfosfaat) omastavust mõjutab mulla happesus negatiivselt. Seepärast suureneb happelistel muldadel lahustuvate fosforvæetiste mõju mulla lupjamise korral. Lihtsuperfosfaat sisaldab 11-13% väävlit (sulfaadina) ning täidab seega ka väävelvæetise ülesannet.

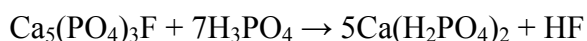
Levinumaks ja odavamaks fosforvæetiseks on superfosfaat. Seda kasutatakse peamiseks væetiseks kõikidel muldadel enne külvi, külvi ajal ning lisandiks. Væetis sisaldab kipsi ja muid lisandeid (raua, alumiinium fosfaati, räni ja fluori ühendeid jne). Seda saadakse jahvatatud fosfaattoorme või fosforiidi või apatiidi reageerimisel väävelhappega:



Superfosfaat sisaldab ka lisandina vähelahustuvat kaltsiumsulfaati, mis tekib superfosfaadi saamisreaktsiooni kõrvalsaadusena.

Kuna superfosfaat on madalmaefektiivsusega väetsis siis on selle osakaal pidevalt vähenenud, andes teed kompleksvæetiste tootmisele.

Lisaks superfosfaadile toodetakse veel topeltsuperfosfaati, mis sisaldab ainult kaltsiumdivesinikfosfaati. Selles on omastavava fosfori sisaldus ligi kolm korda suurem kui superfosfaadis. Topeltsuperfosfaati saadakse apatiitide või fosforiitide reagerimisel fosforhappega:



Eestis kasutati kuni 1980. aastate teise pooleni põllumajanduses vähese efektiivsusega fosforiidijahu (jahvatatud oobolusfosforiit) ning superfosfaati, mida toodeti ka Eesti oobolusfosforiidist Maardu väetisetehases.

Kuna superfosfaadiga külvati põldudele suures koguses sulfaatset väävlit mida taimed ei omastanud (vähemalt mitte sellises koguses) siis võib oletada, et sulfaadi dünaamika Kasari vees väljendab superfosfaadi kasutamise intensiivsust Eesti põllumajanduses, mis saavutas oma lae 1980ndateks aastateks.

Kloriidiooni sisalduste samasugune trend fosfaadi ja sulfaadiga on arvatavasti seotud kaaliumväetiste kasutamisega. Kaaliumväetised jagunevad kloriidseteks ja sulfaatseteks. Esimestes esineb kaalium peamiselt KCl, teistes aga KSO<sub>4</sub> näol. Mõlemad soolad on kerglahustuvad ja seega kanduvad kaaliumväetised väga kergelt põldudelt ära tänu nende kõrgele dissotsiatsioonile ja suurele liikuvusele.

Kasari jõe veekeemia andmebaasi põhjal koostatud pikkaajalise dünaamika graafikutelt on selgelt näha kloriid- ja sulfaatioonide hulka järsu tõusu vees 80ndate aastate alguses, just siis kui toimus põllumajanduses ja väetiste kasutamises suur kasv.

# Lahustunud toitainete ja põhikomponentide pikaajaline dünaamika Kasari jões - seosed väetiste kasutamise intensiivsusega Eesti põllumajanduses

Maria Tsyruhnikova

## KOKKUVÕTE

Käesolev lõputöö käsitleb esiteks, Kasari jõe vee keemiliste näitajate pikajalist dünaamikat ja teiseks analüüsib mõnede anioonide kontsentratsioonide muutusi Kasari jõe vees seoses väetiste kasutamise intensiivsusega Eesti põllumajanduses viimasel sajandil.

Töö tulemused näitavad, et olulisimat osa toitainete sisalduste dünaamikas Kasari jõevees ajaperioodil 1946-2009 on etendanud põllumajandusliku tootmise intensiivistumine 20 sajandi teises pooles ning koos sellega suurenenud hajureostuskoormuse kasvuga väetiste liigsest/ebaotstarbekast kasutamisest. Eriti selgelt tuleb esile lahustunud fosfaatse fosfori sisalduste kasv mõõtmisperioodi algusest kuni 70-ndate keskpaigani ja ajavahemikus 1985-1990. Koos põllumajandustootmise langusega ja väetiste efektiivsema kasutamisega on alates 1980ndate aastate lõpust toimunud vee keemilise koostise muutumine ja väetistega sissekantud anioonide-katioonide sisalduse langus, mis on jõudnud osade komponentide osas lähedale 1940-1950aastate tasemele.

Tavaliselt pööratakse pinnavee kvaliteedi hindamisel tähelepanu ainult biogeenide ja mitemte keskkonnaseisundite näitavale parameetrile nagu keemiline ja/või bioloogiline hapnikutarve jn, kuid käesolev töö näitab, et pikajaliste muutuste jälgimiseks ja reostuskoormuse päritolu in intensiivsuse hindamiseks saab kasutada ka vee keemilise koostise põhikomponente – sulfaati, kloriidi ionide sisaldusi ja peamiste katioonide käitumist, mis sattuvad pinnavette koos väetistega ning mida taimed ei omasta näidates seega väetiste kasutuse foonilist taset.

# Dissolved nutrients and the basic components long-term dynamics in the Kasari river - relations to the intensity of fertilisers use in Estonian agriculture

Maria Tsyruhnikova

## SUMMARY

The present study, firstly, concerns long-term dynamics of chemical parameters of Kasari River water and, secondly, analyses changes in the concentration of some anions in the Kasari River water in conjunction with intensity of fertilizers use in Estonian agriculture at the last century.

The results of this study show that the most important part of dynamics of nutrient content in the Kasari River water in a period of 1946-2009 was performed (caused?) by intensification of agricultural productivity in the second part of 20th century that was accompanied by increased growth of diffuse pollution load because of redundant usage of fertilizers. Especially clear growth of content of dissolved phosphatic phosphorus covers the periods from beginning of measurements until middle of the 70th and from 1985 until 1990. Accompanied by drop of agricultural productivity and growth of efficiency in the fertilizers usage at the end of 1980th, change of the chemical composition of the water and drop of content in transported by fertilizers anions/cations occurred.

If estimating surface water quality, it is usually paid attention only to biogenes and many environmental conditions indicating parameters, such as chemical and/or biological oxygen demand. However, current study shows that for observing long-term changes and estimating intensity of pollution load is also possible to use the main components of the water chemical composition – the content of sulfate and chloride ions, and behavior of main cations that get to the surface water with the fertilizers and are not appropriated by plants, showing natural background level of fertilizers use.

## KASUTATUD KIRJANDUS

**Astover, A.**, Changes in agricultural land use and in plant nutrient balances of arable soils in Estonia. Tartu, 2006.

**Järvekülg, A.**, Biogeenide sisaldus Matsalu lahe vees. - Rmt. Loodusvaatlusi 1983 I. Tln., 1985, 132 lk.

**Järvekülg, A.**, Eesti jõed. Tartu, 2001, lk. 534-541.

**Kaisel, K.** Matsalu vesikonna jõgede vee mõnede keemiliste parameetrite dünaamika, Diplomitöö. Tartu, 1993.

**Lasimer, L.** Geobotaaniline ülevaade. Eesti NSV kompleksne territoriaalplaneerimise skeem. Looduslikud tingimused I. Tln., 1970, lk. 353-372.

**Mardiste, H., Kaasik, T.**, Matsalu lahe ja Kasari jõe hüdroloogiline rezhiim. - Rmt Matsalu – rahvusvahelise tähtsusega märgal. Tln., 1985, lk. 15-25.

**Meriste, M.** Matsalu märgala maismaastumine, Magistritöö, Tartu, 2005.

**Nõmmik, A.** Eesti NSV jõevete keemilisi uurimisi. Tartu Riikliku Ülikooli Mullateaduse ja Agrikultuurkeemia Instituudi toimetised nr. 18, 22lk. Äratrükk ajakirjast „Nõukogude Agronoomia“ Nr. 1. Tartu, 1941.

**Ülo Ennuste at al.**, Valge raamat eesti rahva kaotustest okupatsioonide läbi 1940-1991. Tln., 2005. Lk. 113-125.



## **KASUTATUD INTERNETIALLIKAD**

[seire.keskkonnainfo.ee](http://seire.keskkonnainfo.ee)

**Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina Maria Tsyruļnikova  
(sünnikuupäev: 24.08.1989)

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose  
Lahustunud toitainete ja põhikomponentide pikaajaline dünaamika Kasari jões -  
seosed väetiste kasutamise intensiivsusega Eesti põllumajanduses, mille juhendaja on  
Kalle Kirsimäe,
  - 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil,  
sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse  
tähtaja lõppemiseni;
  - 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu,  
sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja  
lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **20.05.2013**